

# IMPACTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN EL TERRITORIO DE LA MANCOMUNIDAD DE MUNICIPIOS SOSTENIBLES DE CANTABRIA: RESULTADOS APLICABLES A LA GESTIÓN DEL TERRITORIO

Francisco Javier ALONSO DEL VAL<sup>1</sup>, Joaquín BEDIA JIMÉNEZ<sup>2</sup>, Viola BRUSCHI<sup>1</sup>,  
José María FERNÁNDEZ LÓPEZ<sup>3</sup>, Ferran FERRER I MARCO<sup>4</sup>, Enrique FRANCÉS ARRIOLA<sup>1</sup>,  
José Manuel GUTIÉRREZ LLORENTE<sup>2</sup>, Sixto HERRERA GARCÍA<sup>5</sup>,

<sup>1</sup> *Depto. Ciencias de la Tierra y Física de la Materia Condensada. Universidad de Cantabria*

<sup>2</sup> *CSIC-Instituto de Física de Cantabria, Universidad de Cantabria*

<sup>3</sup> *SIG Rural S.L.*

<sup>4</sup> *Edafólogo*

<sup>5</sup> *PREDICTIA S.L.*

fjval@ono.com, bediaj@unican.es, viola.bruschi@unican.es, jmfernandez@sigrural.com,  
ferran.ferrer.marco@gmail.com, francese@unican.es, manuel.gutierrez@unican.es, herreras@unican.es

## RESUMEN

Dentro del marco del proyecto ADAPTA CLIMA, del programa INTERREG, se ha analizado el impacto del cambio climático en diez y siete municipios de Cantabria. En primer lugar se identificaron los impactos previsibles a través de la elaboración de matrices. Posteriormente se analizaron los impactos y las posibles medidas de adaptación teniendo en cuenta cuatro aspectos básicos: Potencialidad forestal, Potencialidad agrícola y agro-ganadera, Reservas hídricas y Ordenación del territorio. Se ha analizado la evolución a lo largo del presente siglo de las especies forestales autóctonas y de los cultivos de posible implantación y máximo interés comercial en Cantabria, que incluye la utilización de variedades autóctonas y tradicionales, a la vista de la evolución de la demanda de productos agrarios en el mercado regional, nacional y europeo. Finalmente se han propuesto medidas de adaptación que pasan por una protección estricta de especies forestales autóctonas, por el control y aprovechamiento de las aguas subterráneas y, en última instancia, por la aplicación de un plan de Ordenación Territorial que proteja los elementos más valiosos del territorio, entre ellos los suelos de máxima productividad y los ecosistemas incluidos en la RED NATURA 2000, como protección a la biodiversidad.

**Palabras clave:** Cambio Climático, Potencialidad forestal, Zonificación Agroecológica, Biodiversidad y Ordenación del territorio.

## ABSTRACT

The impact of climate change has been analyzed in eighteen municipalities of Cantabria, within the framework of the project “ADAPTA CLIMA” (INTERREG SUDOE IVB). Firstly, the expected impacts were identified by means of matrices. Secondly, those impacts and possible mitigation measures were analyzed considering four aspects: potential forest, potential farming and crops potential, groundwater and land management. The evolution in the course of this century of natural woods and crops with significant trading interest has been analyzed for Cantabria. Such analysis has been carried out considering the farmland products demanded on regional, national and European markets. Finally, in order to protect high productivity soils and the ecosystems included in the “Nature Network 2000”, some impact mitigation measures have been proposed: land and groundwater management and protection of forest native species.

**Key words:** Climatic change, Regional Climatic Models, Agro-ecologic Zoning, Land Use Planning.

## 1. INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES

El trabajo aquí presentado se llevó a cabo como una propuesta de la Mancomunidad de Municipios Sostenibles de Cantabria (MMS) ver figura 1, con el fin de analizar el impacto del cambio climático en su territorio. Con este objetivo se puso en marcha el proyecto ADAPTACLIMA, que implica a varias Comunidades Autónomas españolas (Extremadura, Andalucía, País Vasco, etc.), así como a grupos de trabajo de Francia y Portugal. Este proyecto se enmarca dentro de la convocatoria europea INTERREG-SUDOE IVB.

Los trabajos de base que permitieron acometer este análisis del impacto causado por el cambio climático en la zona de estudio, han sido desarrollados por el Grupo de Meteorología de la UCAN, principalmente la realización de los Escenarios Regionales de Cambio Climático para Cantabria (Gutierrez et al. 2010) y por otro lado de la cartografía climática de alta resolución obtenida para el proyecto *Zonificación Agroecológica de Cantabria (ZAE): un estudio del potencial regional para el desarrollo de actividades agro-ganaderas* (Alonso, J.F. et al, 2007) Basándose en la metodología desarrollada en ambos trabajos, se llevó a cabo un análisis de los previsibles efectos del cambio climático para el próximo siglo en el territorio de la MMS.

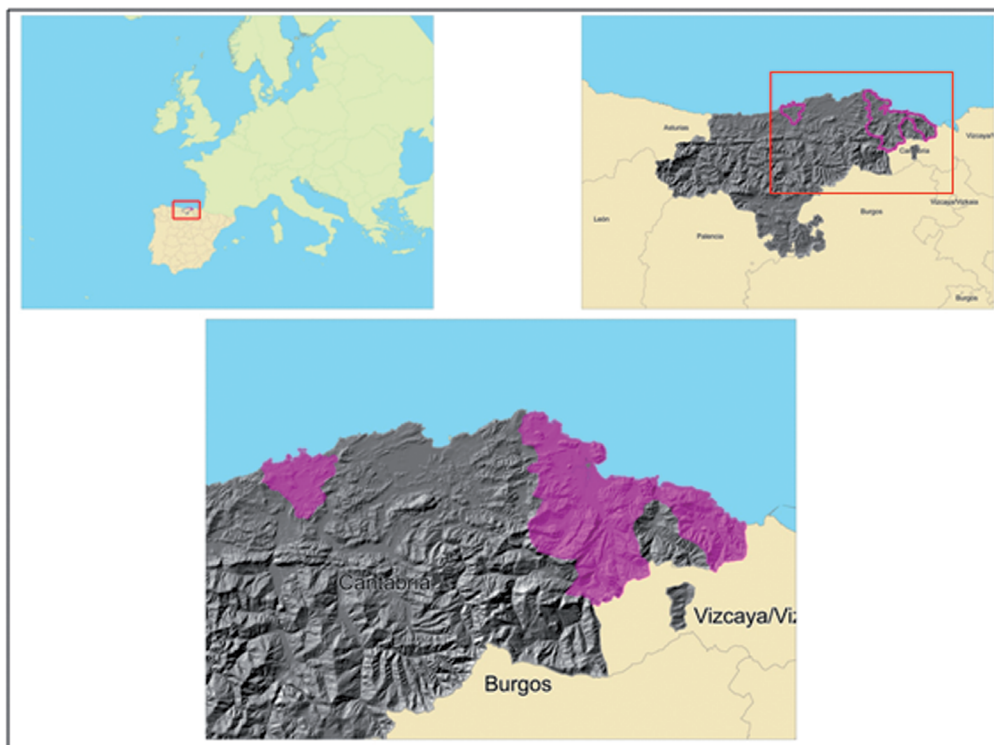


FIG. 1: Área de estudio.

## 2. METODOLOGÍA

La metodología empleada parte de la obtención de matrices de impactos, con una estructura derivada de las matrices de Leopold et al. (1971), previa encuesta tipo Delphi (con respuestas en *feed-back* del conjunto de los encuestados) a los distintos grupos de trabajo del proyecto. Se elaboraron matrices de impacto, tanto para el conjunto del territorio ADAPTACLIMA-SUDOE como para la región de Cantabria.

En una segunda fase, se procedió a la obtención de modelos predictivos de cambio climático de alta resolución que tuvieron en cuenta los aspectos que se consideraron más relevantes de cara a la estimación de los impactos en el territorio (Anadón, R. 2009): la evolución de la potencialidad forestal de las especies autóctonas (Felicísimo, Á. M. 2011) y la evolución de la potencialidad productiva del sector agro-ganadero.

Otros aspectos que se consideraron fundamentales para el análisis (no descritos en la presente comunicación) trataron de la gestión de los acuíferos subterráneos y se obtuvo una cartografía a escala 1:50.000 de Orientación de Usos para la Ordenación Territorial, una de las medidas que se recomiendan como más eficaces ante los efectos del cambio climático.

## 2.1. Análisis del sector forestal

Para analizar la influencia del cambio climático en los recursos forestales, se elaboraron en primer lugar los modelos de distribución potencial de las diferentes especies forestales autóctonas bajo los escenarios de cambio climático. Es importante comentar que el estudio no se restringió al territorio de la MMS, ya que para que el análisis sea válido es necesario introducir la mayor cantidad de superficie posible en la que esté presente la especie, que en este caso abarca la totalidad del territorio de Cantabria y amplias zonas de las provincias anexas de Asturias, León, Burgos y Vizcaya.

Hay que resaltar que estos modelos de distribución potencial están basados en variables estrictamente bioclimáticas (Guijarro *et al.* 1986). Para conocer la evolución del potencial forestal, dichos modelos se han proyectado hacia el futuro utilizando las predicciones de cuatro modelos de circulación global, regionalizados mediante técnicas de downscaling estadístico a la provincia de Cantabria con una resolución espacial de 1 km, sobre la climatología de alta resolución de Cantabria desarrollada por este grupo de investigación. En fases previas al trabajo presentado en este informe, se han constatado las deficiencias de otras climatologías de alta resolución disponibles al público, tales como la base de datos global WorldClim, o el Atlas Climático de la Universidad Autónoma de Barcelona, poniendo de manifiesto la importancia de disponer de datos climatológicos con una resolución y calidad adecuadas a la escala y características del área de estudio (Ninyerola *et al.* 2005).

Para la realización del trabajo se utilizó la Base de datos climática “CANTABRIA 1 Km” (UC); es una base de datos de 1 km de resolución sobre Cantabria realizada en el marco del proyecto de Escenarios Regionales Probabilísticos de Cambio Climático en Cantabria. Para obtenerla, se consideraron tanto los datos del clima presente como las proyecciones obtenidas mediante la regionalización estadística de los escenarios definidos por los modelos de circulación global (Gutierrez *et al.* 2010).

En cuanto a las bases de datos cartográficas, los datos de distribución de las especies forestales utilizados se corresponden con la cartografía vectorial del Tercer Inventario Forestal Nacional (IFN-III) muestreada sobre una malla de 1km de resolución para obtener los puntos de presencia. Los datos de (pseudo) ausencia fueron generados dentro de los dominios geográficos de cada modelo de forma aleatoria, cumpliendo la restricción de distancia mínima a presencias conocidas de 2 km, minimizando de este modo el riesgo de falsos negativos y de distancia entre ausencias de al menos 1 km (evitándose observaciones duplicadas).

Posteriormente, se testaron una batería de algoritmos de clasificación (MaxEnt, SVMs, MARS, GLMs y ANNs), seleccionando finalmente el MARS (Multivariate Adaptive Regression Splines), por considerarse el más adecuado. Se trata de un método no paramétrico de análisis de regresión múltiple que aproxima la función subyacente mediante un set de regresiones lineales ajustadas por tramos que reciben el nombre de funciones de base. Algunas de las ventajas de MARS para la modelización de nichos ecológicos es que es muy resistente ante valores perdidos y “outliers”, ya que realiza una selección automática de variables a partir de conjuntos de variables potencialmente muy amplios, que permite evaluar la contribución relativa de las variables al modelo (es decir, su importancia) y que permite la consideración de interacciones entre variables, tanto de forma global como dentro de tramos específicos de su rango total (Bedia, J. *et al.* 2011, Felicísimo *et al.*, 2002).

Posteriormente, se han desarrollado todos los modelos de las diferentes especies forestales utilizando MARS, obteniéndose así los mapas finales. Se presenta como ejemplo en el apartado de resultados los modelos obtenidos para la encina y el haya.

A continuación, y teniendo en cuenta el mapa de Vegetación Potencial Forestal de la zona de estudio, obtenido en trabajos anteriores (Felicísimo et al, 2002), se analizó el estado de la cobertera vegetal actual, detectándose la práctica extinción del arbolado autóctono como manchas forestales con significado funcional de bosque, con excepción de los encinares ligados a las masas de caliza, que se encuentran asimismo muy degradados.

A la vista de los resultados obtenidos para el sector forestal, se procedió a dar una serie de recomendaciones concretas en relación con su gestión, las más importantes de las cuales se recogen en el apartado de Conclusiones.

## 2.2. Análisis del sector agro-ganadero

Para evaluar el impacto del cambio climático en el sector agro-ganadero, se analizó la evolución de los mapas agroclimáticos en el presente siglo, así como la evolución de la Aptitud de cultivos, empleando para ello los datos ofrecidos por los Escenarios Regionales de Cambio Climático para Cantabria (Gutiérrez et al. 2010).

En primer lugar, fue necesario realizar una ligera modificación y mejora de los valores de los índices empleados en el cálculo de Papadakis para el trabajo de Zonificación Agro-Ecológica de Cantabria realizado por Alonso et al. 2007. Estas modificaciones realizadas por un procedimiento de obtención y análisis de cartografía detallada de todos aquellos parámetros que intervienen en el cálculo del mapa final de Papadakis, se exponen en la comunicación presentada en este mismo congreso y denominada: “*Escenarios de Cambio Climático Regional en Cantabria aplicados a la cartografía agroclimática de precisión*”, donde se obtuvo la cartografía agroclimática 1971 – 2000 y la evolución de a lo largo del siglo XXI entre los periodos 2011-2040, 2041-2070 y 2071 – 2100.

Para obtener la Aptitud del territorio para acoger un determinado cultivo, es necesario introducir también las variables edáficas, además de las climáticas. Por su interés comentamos brevemente las características de la cartografía edafológica empleada. En el banco de datos digital del DCITIMAC se cuenta con una cartografía de suelos a escala 1:50.000 para toda Cantabria de gran interés, elaborada por el Departamento de Edafología del CSIC a finales de los años 70 (CIDS).

Dicha cartografía, durante el proyecto de obtención de la ZAE para Cantabria, se actualizó taxonómicamente y digitalizó, y posteriormente se revisaron los contornos de las unidades de suelos preexistentes, empleando para ello el soporte SIG (ArcGIS). Con esta herramienta se superpusieron los mapas Edafológico (versión del CSIC del año 1.979), el Modelo Digital de Elevaciones y el mapa Litológico y de Depósitos Superficiales (McBratney, 2003). Este último mapa era importante porque a finales de los años 70, en los que se realizaron los trabajos de campo por parte del equipo del CSIC, varios Mapas Geológicos Nacionales (MAGNA, escala 1:50.000) de Cantabria aún no se habían publicado por el IGME.

Del mapa Edafológico así obtenido se derivaron 5 mapas que representan cinco parámetros edáficos relacionados con dichos suelos: Mapa de Acidez, de Texturas, de Profundidad, de Fertilidad y de Hidromorfía. Este es un desarrollo de la llamada metodología analítica, procedimiento desarrollado para la integración de información territorial (Ceballos et al. 1997).

Una vez obtenidos el conjunto de Mapas Agroclimáticos, los topográficos y los Edafológicos, se estaba en condiciones de obtener la Aptitud de cualquier tipo de cultivo y uso agro-ganadero en el conjunto de la región (Rossiter, D. 1994, De la Rosa, D. 1987). Se determinaron los requerimientos ecológicos para 14 cultivos a partir de los criterios FAO (<http://ecocrop.fao.org/>) y criterio experto, creándose una GeoDataBase con las tablas alfanuméricas de requerimientos por cultivo y los 12 mapas que intervienen en el cálculo analítico (Tabla 1).



TIPO VERANO		Alubia
g (menos cálido)		3
O		3
M		3
T (más cálido)		3
t (menos cálido)		2
P II cálido (taiga)		0
TIPO INVIERNO		Alubia
Cl		3
Av (cálido)		3
av (fresco)		3
Ti (cálido)		0
RÉGIMEN HÍDRICO		Alubia
Hu (Húmedo)		3
ME (Mediterráneo húmedo)		2
Me (Mediterráneo seco)		0
PENDIENTES		Alubia
Llano	< 2 %	3
Casi llano	2 - 5 %	3
Suavemente alomado	5 - 8 %	3
Fuertemente alomado	8 - 12 %	2
Suavemente colinado	12 - 20 %	1
Fuertemente colinado	20 - 30 %	0
Montañoso	30 - 50 %	0
ORIENTACIONES		Alubia
Sin Orientación - Llano		3
Norte		1
Noreste		1
Este		2
Sureste		3
Sur		3
Suroeste		3
Oeste		2
Noroeste		1
Norte		1
ESTACIÓN DISPONIBLE LIBRE DE HELADAS		Alubia
< 1 mes libre de heladas		0
de 1 a 2 meses libres de heladas		0
de 2 a 3 meses libres de heladas		1
de 3 a 4 meses libres de heladas		2
de 4 a 5 meses libres de heladas		3
de 5 a 6 meses libres de heladas		3
de 6 a 7 meses libres de heladas		3
de 7 a 8 meses libres de heladas		3
de 8 a 9 meses libres de heladas		3
de 9 a 10 meses libres de heladas		3
de 10 a 11 meses libres de heladas		3
más de 11 meses libres de heladas		3
TEMPERATURA MEDIA DE LAS MÍNIMAS ABSOLUTAS DEL MES MÁS FRÍO		Alubia
< -11		3
-10		2
-9		3
-8		3
-7		3
-6		3
-5		3
-4		3
-3		3
-2		1
-1		3
> 0		3
PROFUNDIDAD DE LOS SUELOS		Alubia
No Suelo		0
Lítico: restringido al cultivo	< 10	0
Somero	< 25	0
Poco Profundo	25 - 50	1
Moderadamente Profundo	50 - 100	2
Muy Profundo	> 100	3
ACIDEZ DE LOS SUELOS		Alubia
No Suelo		0
Muy Alcalino	> 9,0	0
Moderadamente Alcalino	7,5 - 8,0	1
Neutro	6,5 - 7,5	3
Ligeramente Ácido	5,5 - 6,5	3
Ácido	4,5 - 5,5	1
Muy Ácido	< 4,5	0
HIDROMORFÍA DE LOS SUELOS		Alubia
No Suelo: Áreas misceláneas		0
Otros: Suelos No saturados		3
Grupos Gleyicos: Suelos en parte saturados con agua freática		2
Gleysoles: Suelos completamente saturados con agua freática		0
FERTILIDAD DE LOS SUELOS		Alubia
No Suelo		0
Hiperdistrico	< 25	1
Districo	25 - 50	2
Eutrico	50 - 100	3
TEXTURA DE LOS SUELOS		Alubia
No Suelo		0
Gruesa		1
Fina		2
Media		3
ESCALA DE APTITUD		Aptitud
3		Óptimo
2		Moderada
1		Marginal
0		Inadecuada

TABLA 1: Tabla de Reclasificación para la aptitud de los cultivos.

La integración de las distintas variables se ha realizado con Sistemas de Información Geográfica (ArcGIS) siguiendo el proceso descrito en la siguiente figura 2.

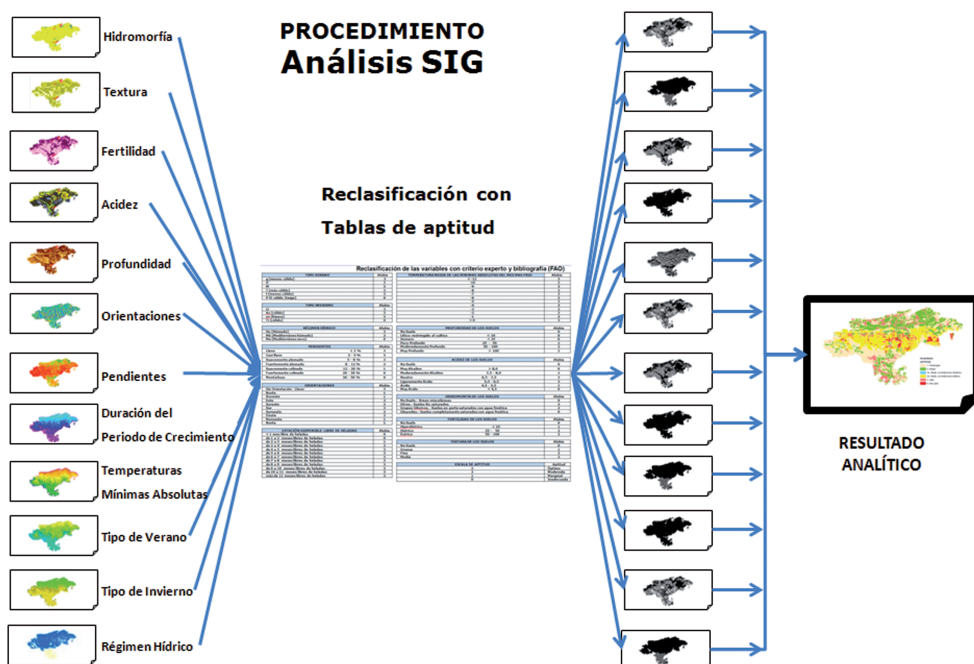


FIG. 2: Proceso analítico automatizado en ArcGIS para la generación de aptitudes de cultivos.

Todos los procesos descritos con esta metodología están completamente automatizados en el Sistema ArcGIS, esto permite con poco esfuerzo generar cualquier resultado a partir de nuevos datos climáticos, edafológicos o topográficos. Uno de los objetivos de los proyectos encargados por el Gobierno Regional de Cantabria, fue la difusión a técnicos y a la ciudadanía en general de todos estos resultados, para lo cual se desarrollaron sistemas de consulta disponibles en la Cartoteca Digital Agraria del Centro de Investigación y Formación Agrarias ([www.cifacantabria.org](http://www.cifacantabria.org)) que permiten conocer para cada recinto SIGPAC los datos agroclimáticos, de suelos y aptitud de cultivos.

Finalmente, para evaluar el impacto del cambio climático en la Aptitud agro-ganadera de Cantabria, se ha analizado la evolución experimentada por dicha Aptitud para 14 tipos de cultivos de interés. Para ello, se han calculado los mapas de Aptitud de cada cultivo, empleando para ello los datos ofrecidos por los escenarios de cambio climático en los referidos periodos de tiempo. Se presentan en el capítulo de Resultados los mapas de Aptitud obtenidos para la Vid, Arándano y *Lolium* sp.

### 3. RESULTADOS

#### 3.1. Resultados del proceso de obtención de matrices

A lo largo del proyecto se han elaborado toda una serie de matrices de impacto para los diferentes sectores (Agrícola, Ganadero, Forestal, etc.), tanto para el ámbito geográfico del territorio SUDOE como para la región de Cantabria. En dichas matrices se ha llegado a cuantificar el cambio experimentado por algunos factores concretos, como por ejemplo la Precipitación Total anual, la Temperatura media o la Radiación solar incidente. Se presenta como ejemplo la Matriz de Impacto obtenida para el territorio de Cantabria para el sector agrícola.

SECTOR	VARIABLE	IMPACTO EN SECTOR		VULNERABILIDADES	OPORTUNIDADES
		Impacto primario	Impacto secundario		
Agricultura		Temperatura diaria (media anual y estacional)	Aumento de temperaturas hasta 2°C (2031 - 2100) En el municipio de Suanes, Urduliz y Castro Urdiales desaparece el Tipo de clima Marítimo cálido - Supra mediterráneo, que ocupa las zonas más próximas al mar. El clima Marítimo cálido se extiende por todo el ámbito de estudio. En Voto, Rasines y Rameles de la Viñata desaparecen el Templado - cálido y el Marítimo - fresco. En Castro Urdiales aparece el Tipo de clima Mediterráneo - nival no a expensas del Marítimo - cálido. Aumento de riesgo de eventos climáticos extremos	Aumento de la lechadura de las plantas Invasión de especies exóticas procedentes de climas cálidos Cambio en la fenología de las plantas Reducción del carbono orgánico de los suelos Reducción de la fertilidad natural del suelo	Introducción de nuevos cultivos, posibilidad de acceder a nuevos mercados. Los inviernos van a ser más suaves, aumentando el período libre de heladas, por lo que aumenta el período de crecimiento. Condiciones térmicas más favorables para el crecimiento de cultivos de carácter más mediterráneo.
		Días y noches cálidas		Menor riesgo de exposición de los cultivos a heladas tardías	
		Días y noches frías			
		Nivel medio de precipitaciones y frecuencia de días de lluvia	Disminución de hasta un 10% (2031 - 2100) En el municipio de Suanes, Urduliz y Castro Urdiales desaparece el Tipo de clima Marítimo cálido - Supra mediterráneo, que ocupa las zonas más próximas al mar. El clima Marítimo cálido se extiende por todo el ámbito de estudio. En Voto, Rasines y Rameles de la Viñata desaparecen el Templado - cálido y el Marítimo - fresco. En Castro Urdiales aparece el Tipo de clima Mediterráneo - nival no a expensas del Marítimo - cálido	Disminuye la reserva hídrica aumentando el déficit hídrico en el suelo Ampliación de la zona de regadío en las zonas que indican un incremento en las precipitaciones de sequía estival, y que provoca la aparición de tipos de clima mediterráneos	Posibilita la introducción de cultivos no adaptados previamente por exceso de humedad, como la vid. Disminuye la erosión de los suelos encharcados y con exceso de agua.
		Evaporación diaria	No hay cambios significativos (2031 - 2100)	Aumento de la evapotranspiración, aumenta el déficit hídrico en verano	
		Velocidad del viento	No hay cambios significativos (2031 - 2100)		
		Radiación solar incidente diaria	Un 10% de aumento de radiación de onda corta (2031 - 2100)	Aumento de los días soleados por rayos UV.	Aumenta la eficacia del "mulching" para favorecer la ganancia en tiempo a mediante el calentamiento del suelo.

FIG. 3: Matriz de impactos para el sector agrícola de Cantabria.

3.2. Resultados del sector Forestal.

Tal y como se comentó en párrafos anteriores, se han obtenido los modelos de potencialidad forestal para la encina (figura 4) y el haya (figura 5), una de carácter mediterráneo y la otra de carácter fuertemente atlántico. Los resultados son los siguientes:

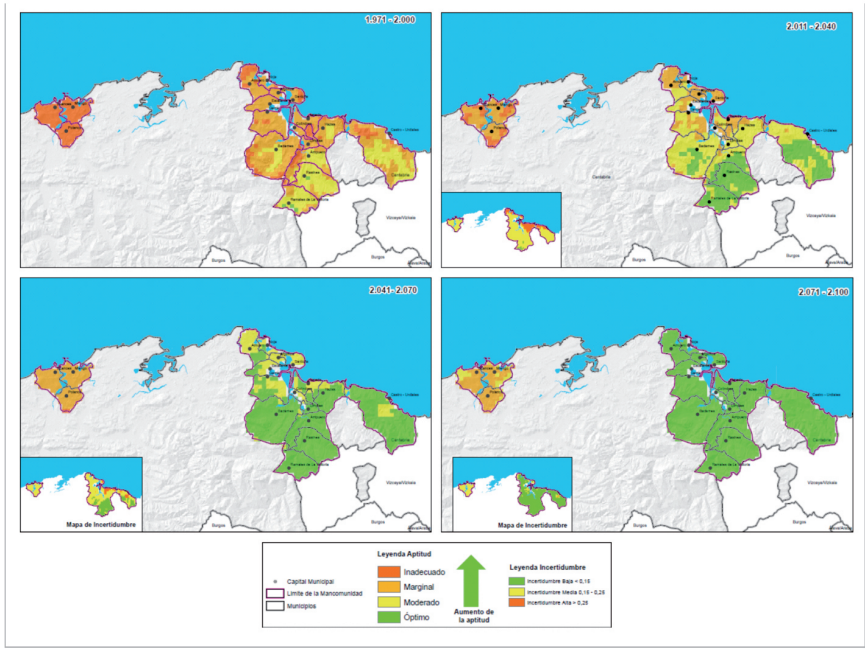


FIG. 4: Evolución de la potencialidad bioclimática de la encina.

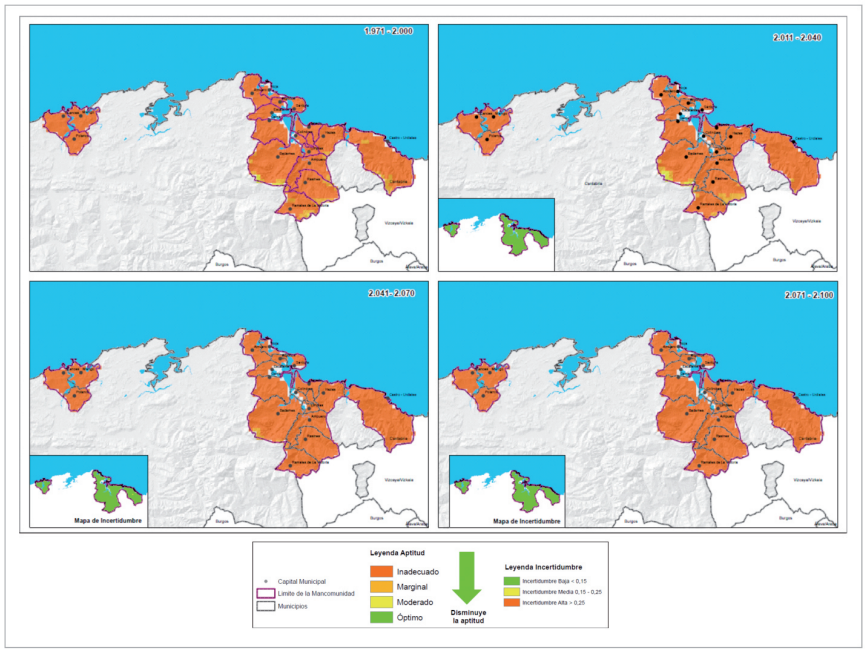


FIG. 5: Evolución de la potencialidad bioclimática del haya.

Como se puede apreciar en las figuras, la encina, una especie de ámbito mediterráneo, experimenta un fuerte incremento de su área potencial de distribución, ocupando tanto los terrenos litorales, en donde hoy día constituye la vegetación potencial dominante, como las áreas más interiores. Por el contrario, el haya, estrictamente atlántica, ve disminuida paulatinamente su área potencial. Este efecto no es muy patente en la zona de estudio porque esta especie aparece en ella de manera casi marginal, ya que son dominantes en el territorio los bosques de roble y encina como vegetación potencial, pero es muy intensa para el conjunto de Cantabria. Es importante comentar que el modelo del roble común (*Quercus robur*) no ha dado resultados aceptables. La explicación de esta dificultad para establecer las relaciones de interdependencia funcional entre esta importante especie y el clima radica, precisamente, en la amplitud y flexibilidad del nicho ecológico del roble, presente en todo tipo de ambientes, lo que hace difícil relacionarlo con unos parámetros climáticos determinados.

### 3.3. Resultados del sector agro-ganadero

En cuanto al sector agro-ganadero, los resultados obtenidos han sido los siguientes: en primer lugar se presenta la evolución sufrida por el mapa agroclimático de Papadakis, que muestra una mediterraneización creciente del territorio, en consonancia con los resultados obtenidos en otros trabajos.

Concretamente, a lo largo del siglo desaparecen del área de estudio los climas de tipo atlántico, como el Marítimo cálido, o el Marítimo templado cálido, avanzando de manera dominante el tipo de clima Mediterráneo marítimo. Esta mediterraneización, lógicamente se hará sentir en la Aptitud de los diferentes cultivos potenciales a implantar en el área (figura 6).

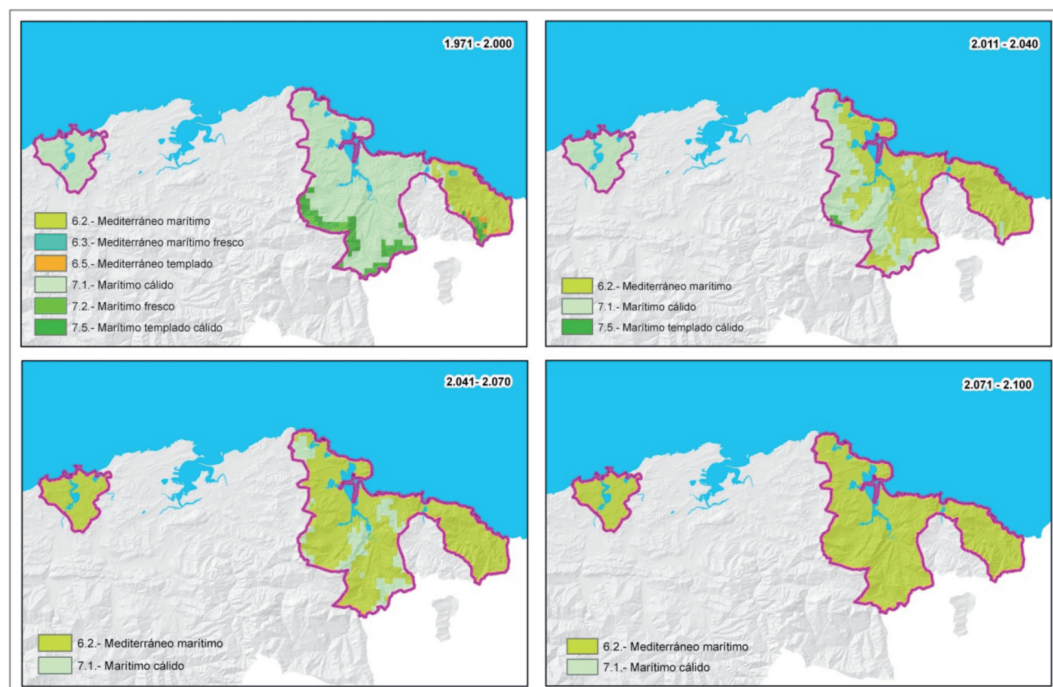


FIG. 6: Evolución del mapa agroclimático de papadakis para la zona de estudio durante el presente siglo.

En cuanto al análisis de la evolución de la Aptitud para los cultivos, se presentan a continuación los resultados obtenidos para la Vid (figura 7), Arándano (figura 8), y *Lolium* sp. (figura 9), en fuerte expansión en el área.



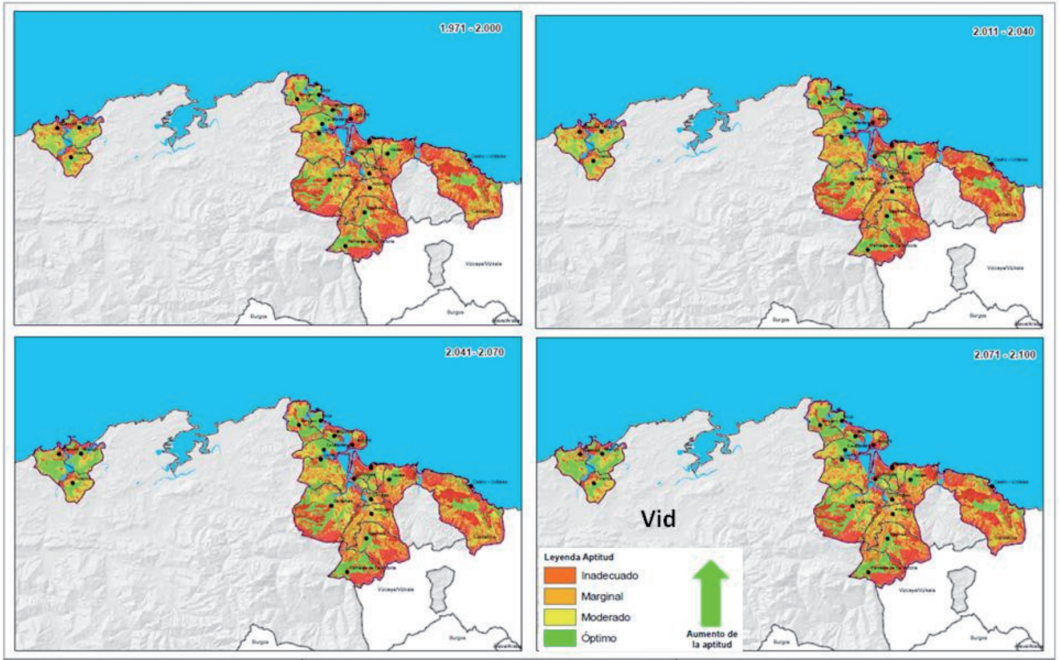


FIG. 7: Evolución de la aptitud de la vid.

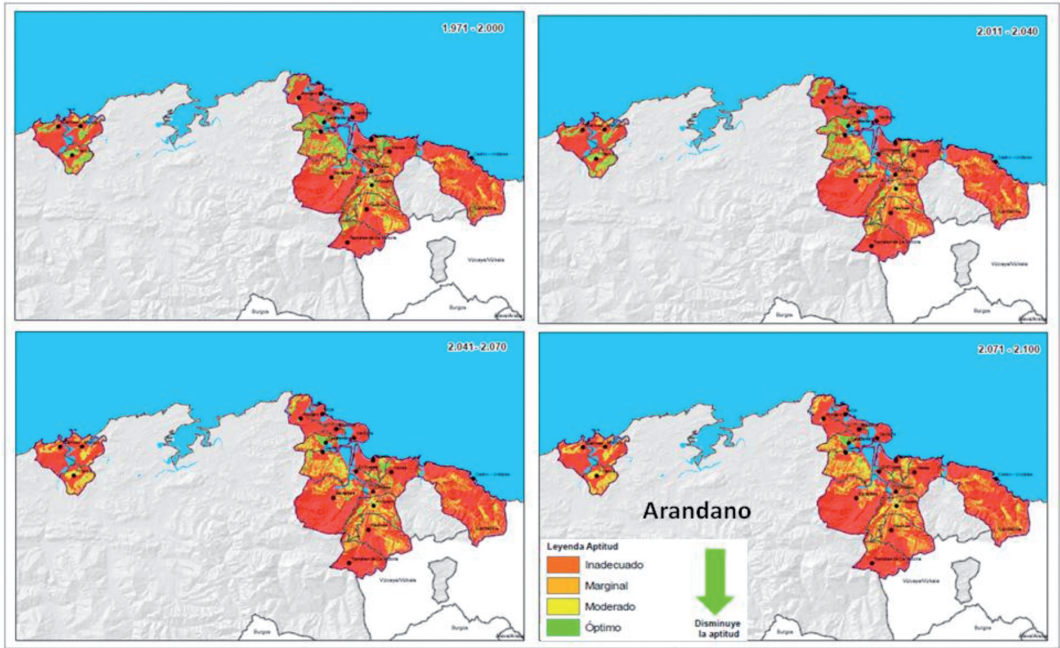


FIG. 8: Evolución de la aptitud del arándano.



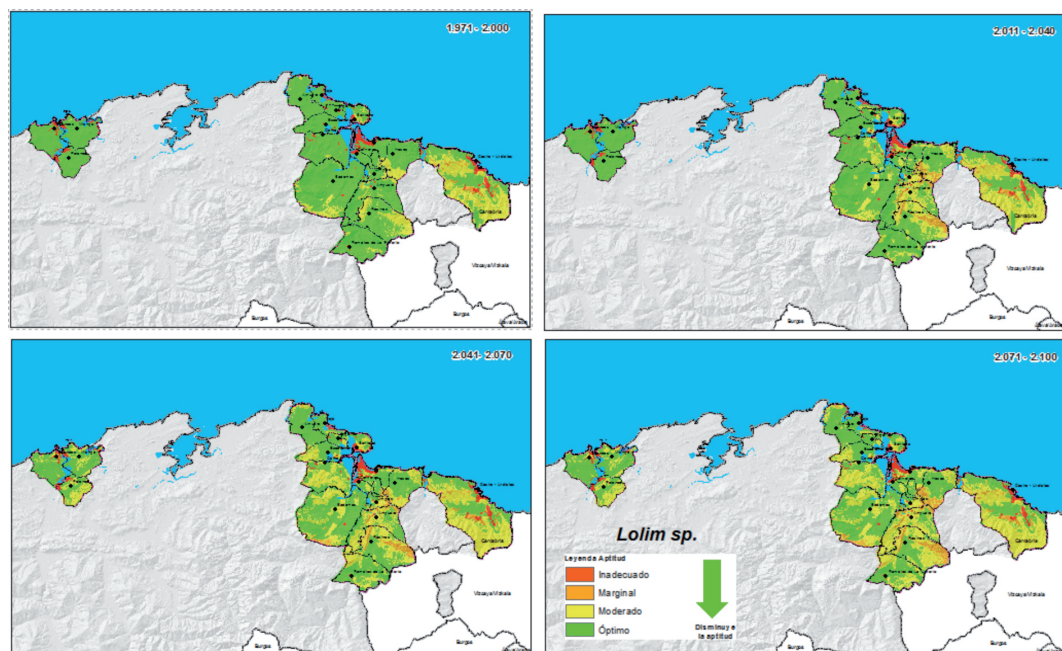


FIG. 9: Evolución de la aptitud de *Lolium sp.*

En la evolución de los cultivos expuestos, los resultados obtenidos nos indican que para la Vid, las condiciones agroclimáticas en el futuro son más favorables, posibilitando su expansión por la región. Esto es debido a la disminución en las precipitaciones y aumento de la termicidad durante el período vegetativo. En el caso del Arándano y *Lolium sp.* la progresiva extensión de los tipos mediterráneos (Marítimos y Templados) que conllevan un aumento del déficit hídrico durante buena parte de los períodos vegetativos; además de la influencia de las temperaturas máximas de la estación cálida, influyen negativamente en las aptitudes, disminuyendo su área óptima.

Para el resto de los cultivos estudiados en general, la tendencia es a disminuir sus áreas óptimas debido al aumento de la frecuencia de periodos secos, especialmente afectará a las forrajeras. Sin embargo, el incremento de la termicidad en la estación cálida afectará positivamente a determinados cultivos: frutales criófilos (manzano, peral...) o termófilos (kiwi, feijoa, algunas especies cítricas,...) y hortícolas (alubia, tomate, pimiento...). Hay que resaltar que el riego favorecería la aptitud óptima y mejoraría los rendimientos tanto en cultivos hortícolas como en de frutales.

#### 4. CONCLUSIONES

A la vista de los resultados obtenidos para los distintos sectores analizados (Oficina Española de Cambio Climático, 2001 y Moreno, J.M. (coord.), 2005) se extrajeron una serie de conclusiones y recomendaciones que se resumen a continuación:

En relación con el sector forestal y la biodiversidad.

- La flora y fauna asociada a periodos más fríos y húmedos, como el hayedo, tenderá a desaparecer, quedando encerrada en reductos microclimáticos. Mientras que el encinar atlántico su tendencia es la expansión.
- Protección estricta de arbolado autóctono y elaboración de planes para su recuperación.
- Sustitución progresiva de las repoblaciones de Eucalipto por otras especies alternativas menos exigentes en consumo de agua.

- Delimitación y monitoreo de brezales hiperhúmedos y control riguroso de los incendios forestales.

En relación con el Mapa Agroclimático de Papadakis:

- A lo largo del presente siglo desaparecerán todos los agroclimas Marítimos en el área de estudio. Se van a imponer los veranos largos y secos respecto a los actuales.
- Se producirá una disminución de la precipitación de unos 300 mm disponibles al año.
- Disminuirá fuertemente la diversidad agroclimática.
- Los inviernos van a ser más suaves, incrementándose el período libre de heladas, por lo que aumenta el período de crecimiento, y por tanto abriendo las posibilidades a la introducción de cultivos anteriormente no implantados.

En relación con la Aptitud agro-ganadera:

- Es necesario introducir nuevas variedades de cultivos adaptadas a veranos progresivamente más secos y menores requerimientos hídricos para la siembra y el cultivo.
- Se producirá una disminución importante en la productividad de los pastos, tanto seminaturales como artificiales, lo que afectará a la productividad del sector ganadero en general.
- Será preciso implantar sistemas de irrigación para los cultivos intensivos (horto-fruticultura y ganadería de leche).
- Son necesarias medidas de apoyo socioeconómicas para la implantación de horto-fruticultura y ganadería ecológica, muy competitiva comercialmente y de gran potencial en Cantabria.

### Agradecimientos

A D. Isidoro Fontbellida. A la Mancomunidad de Municipios Sostenibles de Cantabria.

### REFERENCIAS

- Alonso, J.F., Cofiño, A., Del Corral, D., Fernández, J.M., Ferrer, F., Francés, E., Gutiérrez, J.M., Felicísimo, A. (2007). Zonificación Agroecológica de Cantabria: un estudio del potencial regional para el desarrollo de actividades agroganaderas. *Actas del IIV Congreso Nacional y I Congreso Ibérico de AgroIngeniería*. Albacete.
- Anadón, R., (coord.) et al. (2009). Evidencias y efectos potenciales del Cambio Climático en Asturias. Gobierno del Principado de Asturias. 368 p.
- Bedia, J., Busqué, J., Gutiérrez, J.M., 2011. Predicting plant species distribution across an alpine rangeland in northern Spain: a comparison of probabilistic methods. *Appl. Veg. Sci.* 14, 415-432.
- Ceballos, A., Cendrero, A., Díaz de Terán, J.R., Felicísimo, A., Fernández, J.M., Francés, E., González, A., Salas L., y Varas, J. (1997). Una metodología de ordenación territorial para la elaboración del Plan Forestal de Cantabria. *Actas I Congreso Forestal hispano-Luso y II Congreso Forestal Español*. Vol II, pp 33-38.
- De la Rosa, D. (1987). Evaluación ecológica de recursos naturales de Andalucía. Junta de Andalucía.
- Felicísimo, A. M., Fernández, J.M., Francés, E., Varas, J. (2002). Modeling the Potential distribution of Forests with a GIS. *Photogrametric Engineering and Remote Sensing*. USA. Vol.68 nº 5, 455- 461.
- Felicísimo, Á. M. (coord.) (2011). Impactos, vulnerabilidad y adaptación al cambio climático de la biodiversidad española. 1. Flora y vegetación. Oficina Española de Cambio Climático, Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. Madrid, 552 p.
- Guijarro, J.A. (1986). Contribución a la Bioclimatología de Baleares, Tesis Doctoral, Universidad de las Islas Baleares.
- Gutierrez et al. (2010). Escenarios Regionales Probabilísticos de Cambio Climático en Cantabria: Termopluiometría. Consejería de Medio Ambiente del Gobierno de Cantabria. 105 p.
- Leopold, Luna Bergere; Clarke, F. E.; Hanshaw, B. B.; Balsley, J. R. (1971). A procedure for evaluating environmental impact. Geological Survey Circular 645. Washington: U.S. Geological Survey.
- McBratney, A.B. et al. (2003). On digital soil mapping. *Geoderma*, 117, 3-52.

- Ministerio de Medio Ambiente. Oficina Española de Cambio Climático. (2001). Cambio climático: Ciencia, Impactos, Adaptación y Mitigación. Primeras Conclusiones del Tercer Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC). 36 p.
- Moreno, J.M. (coord.). (2005). Evaluación Preliminar de los Impactos en España por Efecto del Cambio Climático. Proyecto ECCE. Ministerio de Medio Ambiente y Universidad de Castilla-La Mancha. Servicio de Publicaciones del Ministerio de Medio Ambiente. Madrid. 846 p.
- Ninyerola, M. et al. (2005). Atlas climático digital de la Península Ibérica. UAB. 45 p.
- Rossiter, David (1994). Evaluación de Tierras. Informe del proyecto CLAS/ITC, Cochabamba, Bolivia.